

**SOSTENIBILIDAD DEL *BRACHIARIA DICTYONEURA* EN TRES SUELOS  
CONTRASTANTES DE LA ALTILLANURA COLOMBIANA  
II. EXPERIMENTACIÓN CON UN MODELO DE SIMULACIÓN**

**E. Brito, C. Aguilar, R. Cañas y R. Vera**

Departamento de Zootecnia, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago

---

**RESUMEN**

Se utilizó un modelo de simulación validado para evaluar, durante 10 años, niveles de N, P, K y grado de compactación del suelo, crecimiento de *B. dictyoneura* y ganancia de peso de novillos de sistemas de producción de carne típicas de la altillanura colombiana. Para ello se condujo un experimento simulado con diseño factorial de  $10 \times 3$ , siendo un factor los años y el otro la textura del suelo. Esta se caracterizó como arcillosa, franca o arenosa, principalmente por su contenido de arena (20, 38 y 70%, respectivamente). En el manejo simulado los novillos se colocan a pastoreo al comienzo de la época seca (diciembre) por al menos cuatro meses (hasta fines de marzo), con una carga equivalente a un animal por hectárea, y luego hasta el fin de la época de lluvias con dos animales/ha. Los resultados indican que, considerando ganancia de peso, estabilidad de nutrientes y grado de compactación del suelo, las pasturas de *B. dictyoneura* funcionan mejor en suelos con 38% de arena. A dicha textura hay una tendencia a mejor estabilidad de la pastura al cabo de 10 años, con menor reducción progresiva del crecimiento que en los otros tipos de suelo simulados.

**PALABRAS CLAVES:** Simulación, *B. dictyoneura*, Ganancia de novillos, Sostenibilidad, Altillanura colombiana

**ABSTRACT**

**Sustainability of *Brachiaria dictyoneura* in three contrasting  
soils of the Colombian high plains.**

**II. Experimentation with a simulation model**

A validated simulation model was used to evaluate over a 10-year period, the levels of N, P, and K and degree of soil compaction, growth of *B. dictyoneura*, and weight gain of steers, under a production system typical of the Colombian high plains. The simulation experiment used a  $10 \times 3$  factorial design, one factor being years and the other soil texture. The latter was defined as clayey, loamy or sandy according to sand content (20, 38, and 70%, respectively). A management system was simulated in which steers are put on pasture at the beginning of the dry season (December) for at least four months, at a stocking rate equivalent to one animal per hectare (until late March), and then until the end

of the rainy season at two animals/ha. The results indicate that, based on weight gain, stability of soil nutrients, and degree of soil compaction, *B. dictyoneura* pastures are best suited to soils with 38% sand. This texture is associated with better pasture stability after 10 years, and less progressive reduction in pasture growth, than the other soil types simulated.

**KEY WORDS:** Simulation, *B. dictyoneura*, Weight gain of steers, Sustainability, Colombian high plains

---

### Introducción

En la sostenibilidad del *Brachiaria dictyoneura* a largo plazo, un factor de gran importancia es el tipo de suelo en el cual se tiene establecida la pastura. En la zona de la altillanura se encuentran suelos con texturas que varían entre 20 y 70% de arena y cuyas características químicas y físicas son diferentes. Así, en suelos arenosos hay mayor P disponible (3.4 ppm) y un menor grado de resistencia a la penetración, pero, por otro lado, los menores niveles de N total (0.08%) y de K en solución (0.04 meq/100 g) hacen que las pasturas se degraden rápidamente. Los suelos arcillosos muestran características opuestas, tienen mayor contenido de materia orgánica (MO) y mayor resistencia a la penetración.

El supuesto planteado es que la sostenibilidad de los sistemas de producción de carne puede ser medida a través de la confrontación simultánea de algunas variables como: mediciones con animales de carne (ganancia de peso); el crecimiento de la pastura (kg/ha) por día o año; la compactación del suelo; el ciclo de los nutrientes en el suelo y en el sistema suelo-planta-animal; y los factores económicos del sistema.

El objetivo del presente trabajo es estimar el potencial de un sistema de producción de carne basado en pastoreo

continuo de *B. dictyoneura*, a través del tiempo, en tres diferentes tipos de suelo, utilizando un modelo de simulación.

### Materiales y Métodos

Se usó un modelo de simulación desarrollado y validado para las condiciones de la altillanura colombiana (Brito, 1966; Brito *et al*, 1998), que considera las relaciones entre los cuatro componentes principales: animal, planta, suelo y clima.

El componente animal considera consumo de materia seca (MS), sistema de pastoreo, carga animal, requerimientos de mantenimiento y producción para energía y proteína y consumo de sal mineralizada. El de la planta incluye crecimiento, senescencia, digestibilidad y disponibilidad. El del suelo, a su vez, incluye compactación, fertilización y tasa de intercambio para N, P, K y MO. El del clima considera temperatura y precipitación a través del tiempo.

Se supuso una pradera de *B. dictyoneura* ubicada en la altillanura colombiana, que fue establecida el primero de julio con la aplicación de 88 kg/ha de urea, 50 kg/ha de KCl y 220 kg/ha de roca fosfórica y labranza del suelo a 12 cm de profundidad. El experimento tuvo una duración de 10 años (fecha inicial primero de abril del año

siguiente a su establecimiento). Se utilizaron bovinos machos de 250 kg de peso inicial, los cuales fueron reemplazados por animales nuevos de pesos similares cada año; el sistema de pastoreo fue continuo y las cargas variables de acuerdo a la época del año (1 y 2 animal/ha en época seca y de lluvias, respectivamente). Se suplementó con sal mineralizada (6% de fósforo) a razón de 80 g/día.

Las suposiciones para el *B. dictyoneura* al iniciar el pastoreo fueron: disponibilidad de forraje, 1 600 kg MS/ha; digestibilidad del forraje consumido, 60%; y contenido de proteína cruda, 7.3%. La fertilización de mantenimiento se realizó cada dos años con 44, 25 y 110 kg/ha de urea, KCl y roca fosfórica, respectivamente. El diseño fue un factorial de  $10 \times 3$  con tres repeticiones, correspondiendo el factor A a los años de duración (1 a 10) y el B a los tipos de suelos: arcilloso (T1), franco (T2) y arenoso (T3). Las características de los suelos se observan en el Cuadro 1. Para el análisis estadístico se usó el programa computacional MSTATC.

La precipitación media de la zona es 2 192 mm/año con coeficiente de variación (CV) de 8.68%. Las variaciones entre meses y entre años se encontraron dentro de los valores normales según la base de datos de CIAT e HIMAT (Brito, 1996; Brito *et al.*, 1998) para la zona. Estas mismas condiciones son simuladas en el modelo.

## Resultados y Discusión

La ganancia anual de peso promedio para los tres tipos de suelo en conjunto fue de 154 kg/animal y 284

kg/ha. En el suelo T1 se obtuvo 155 kg/animal y 285 kg/ha; en el T2, 156 kg/animal y 286 kg/ha; y en el T3, 152 kg/animal y 281 kg/ha (Cuadros 2 y 3; Gráfico 1). El análisis de varianza arrojó efectos significativos ( $P < 0.01$ ) del factor años y de la interacción años  $\times$  suelo, y ( $P < 0.05$ ) del factor suelo, por lo que se realizó la prueba Tukey para evaluar la diferencia del factor suelo a cada nivel del factor años.

El consumo voluntario en promedio fue de 7.7 kg MS/día con CV de 1.20%. En T1, T2 y T3 se obtuvo 7.7, 7.8 y 7.6 kg (Cuadro 4). El análisis de varianza mostró significación ( $P < 0.01$ ) de la interacción y de los dos factores individuales.

La máxima ganancia de peso por animal y por hectárea se obtuvo al primer año en todos los tipos de suelo, seguido por el segundo año del experimento, salvo en el caso de T2 (Cuadros 2 y 3). Esto sugiere un efecto del manejo que se le dio a la pastura en el establecimiento (aplicación de roca fosfórica y labranza), ya que el fertilizante presenta un efecto residual, además de haber una mayor mineralización del suelo por su remoción. Por lo tanto, hay mayor disponibilidad de nutrientes para ser tomados por la planta, menor resistencia a la penetración y mejor profundización de las raíces. Esto a su vez se transforma en mayor crecimiento de la pastura, mayor disponibilidad de forraje y mayor consumo por los animales.

Las mayores ganancias de peso del primero año se obtienen en el T1, seguido por el T2 y, finalmente, el T3. Esto coincide con los resultados de consumo voluntario e indica una mayor respuesta de los animales y de la pastura a la aplicación de nutrientes al suelo. Esto

queda corroborado al obtener mayores ganancias subsecuentemente en los años 4, 6, 8 y 10 en los cuales se realizó la fertilización de mantenimiento contra los años alternos sin fertilización.

Las ganancias de peso tuvieron una tendencia a disminuir, aunque irregularmente, a través del tiempo, en todos los tipos de suelo. Lascano y Estrada (1989) encontraron similar tendencia. Estos resultados sugieren y demuestran que al usar cargas animales no apropiadas se induce al sistema a actuar en forma inestable, produciendo un descenso en las ganancias a través del tiempo, en todos los suelos, como producto de la degradación de la pastura, en conformidad con lo presentado por Spain y Gualdrón (1991).

La disponibilidad instantánea de forraje mostró un promedio de todos los tratamientos de 1918 kg MS/ha, con CV de 5.66% (Cuadro 5). El crecimiento de *B. dictyoneura* fue de 8 837 kg MS/ha, por año y 24.2 kg MS/ha por día y presentó un CV de 3.22% (Cuadro 6). La interacción de los dos factores fue significativa ( $P < 0.01$ ) en el análisis de esta variable.

Los resultados muestran que en T2 se tuvo una mayor disponibilidad instantánea de forraje (2 158 kg MS/ha), mayor senescencia por día y por año (10.8 y 3 945 kg MS/ha) y mayor crecimiento diario y anual (25.8 y 9 419 kg MS/ha). En segundo lugar estuvo T1 con valores correspondientes de 1 838, 9.2, 3 361, 23.7, y 8 657 kg MS/ha, respectivamente. Los menores valores correspondieron a T3, con 1 759, 8.8, 3 216, 23.1 y 8 435 kg MS/ha (Cuadros 5 y 6; Gráfico 2). La digestibilidad del forraje fue levemente mayor en T1 y T3 (58%) que en T2 (57%).

La mayor disponibilidad instantánea de forraje obtenida en T2 sugiere que el suelo franco resiste mayor carga animal, ya que al haber una mayor disponibilidad de forraje la digestibilidad disminuye. Esto a su vez ocasiona menor consumo animal y menor ganancia de peso. En el suelo arcilloso al parecer el ajuste de la carga animal fue mejor, pues la disponibilidad de forraje y la digestibilidad fueron intermedias, resultando en ganancias medias casi igual a las de T2 (Cuadro 2 y 3).

El mayor crecimiento forrajero de T2 sugiere un mejor equilibrio entre los diferentes nutrientes disponibles en el suelo franco y, por lo tanto, una mayor estabilidad del *B. dictyoneura* a través del tiempo. Por otro lado, en T1 el crecimiento disminuyó a través del tiempo, lo que sugiere limitantes debido a la menor disponibilidad de fósforo y el mayor grado de resistencia a la penetración, lo que produce menor crecimiento y afecta la sostenibilidad de la pastura a largo plazo. Si a esto se agrega mayores cargas animales, se degradaría con mayor rapidez. Algo similar ocurre con T3 en el que las menores cantidades de nitrógeno y potasio del suelo arenoso hacen que el crecimiento y disponibilidad del forraje sean menores, resultando en menores ganancias de peso y menor sostenibilidad en el tiempo.

El contenido de N total disminuyó a través del tiempo en todos los tipos de suelo, presentando un valor al final del décimo año de 0.124% en T1, 0.097% en T2 y 0.069% en T3 (Cuadro 7 y Gráfico 3), lo que contrasta con los valores iniciales (Cuadro 1). Esta disminución se debe a que las pérdidas de N por efecto de desnitrificación, lixiviación, volatilización y retención en el cuerpo de los

animales fueron mayores que las entradas por efecto del fertilizante. Los aludidos valores traducidos en cantidades indican que la disminución del N total del suelo por año fue de 35.7, 31.9 y 28.4 kg/ha para T1, T2 y T3, respectivamente. Dichas cantidades fueron mayores en los años en los cuales se fertilizó, lo que se debe a un mayor consumo por los animales y mayor ganancia de peso, que a su vez se traduce en mayor salida del N. Estos resultados sugieren que la fertilización nitrogenada de mantenimiento debiera ser mayor que la utilizada en este experimento para sostener los niveles de N en el suelo.

El promedio de N total de los suelos T1, T2 y T3 durante 10 años fue de 0.131% (3 022 kg/ha), 0.103% (2 462 kg/ha) y 0.074% (1 829 kg/ha), respectivamente. La disminución en los niveles de N explica en parte el menor crecimiento de *B. dictyoneura* a través del tiempo, principalmente en T3 que tiene bajos contenidos de N total y salidas mayores que las entradas al sistema. En todos los tipos de suelo el N disponible y el estabilizado presentaron la misma tendencia a disminuir que el N total, pero habiendo una mayor cantidad de N disponible en los años con fertilización de mantenimiento. Los valores promedio de N disponible por año fueron de 122, 106 y 84 kg/ha con fluctuaciones entre los límites de 132 y 111, 114 y 96, y 93 y 74 kg/ha para T1, T2 y T3, respectivamente.

El fósforo disponible durante los 10 años fue de 1.73, 2.32 y 3.46 ppm en T1, T2 y T3, respectivamente (Cuadro 8). En T1 y, en menor escala, en T2, el P disponible disminuyó, porque estos suelos retienen mayor cantidad de P en formas menos disponibles. Al contrario,

en T3 los niveles de P disponible aumentaron levemente, en conformidad con lo informado por CIAT (1990) y Moya (1991) de que el P total en los suelos de los llanos orientales de Colombia es menor de 200 ppm. El P disponible inorgánico fue 9.5, 19.2 y 26% y el P disponible orgánico correspondió a 47, 40 y 29% del P total en T1, T2 y T3, respectivamente. El P fijado aumentó con el tiempo en todos los tipos de suelo, lo que indica que tienen una gran capacidad para fijar este elemento. La cantidad de P fijado fue de 17, 13.8 y 8.7 kg/ha por año en T1, T2 y T3, con un promedio general de 13.3 kg/ha. Este valor se encuentra dentro de los límites de 12 a 34 kg/ha y año para P fijado establecidos por CIAT (1995).

El promedio durante 10 años de potasio en solución fue de 0.066, 0.078 y 0.05 meg/100 g en T1, T2 y T3, respectivamente. Se encontró un leve aumento en los años correspondientes a la fertilización de mantenimiento, lo que indica un efecto del fertilizante en la mayor disponibilidad de K para la planta (Cuadro 9 y Gráfico 4). Los resultados sugieren que el crecimiento del *B. dictyoneura* es afectado mayoritariamente por N (principalmente en suelo arenoso) y P (en suelo arcilloso), y no así por K. Debido a la gran movilidad de K a través de los diferentes "pools" se mantiene en equilibrio, lo que permite sostener una disponibilidad de la nutriente constante para la planta. Sin embargo, de ser mayores las pérdidas de K del suelo, el K en solución deberá disminuir haciéndose limitante para el crecimiento de la pastura.

El K total disminuyó en todos los tipos de suelo, por cantidades anuales de 25.8, 26.3 y 26.7 kg/ha en T1, T2 y T3,

respectivamente. Esto indica que las pérdidas de K fueron mayores que las entradas por efecto del fertilizante, lo que a su vez indica un mayor requerimiento de K agregado al suelo para equilibrar las pérdidas ocasionadas por lixiviación y retención en el cuerpo de los animales. Las mayores disminuciones estuvieron en los suelos arenosos, lo que sugiere que en éstos el K es más móvil y está sujeto a mayores pérdidas por lixiviación.

El carbono de la biomasa microbial (BIOM) mostró promedios de 1 354, 1 045 y 771 kg/ha para T1, T2 y T3, respectivamente, presentando un leve aumento en los tres suelos a través el tiempo. Estos datos están de acuerdo con los informados por CIAT (1995), obtenidos mediante el uso del modelo de simulación CENTURY. La relación C/P de la BIOM puede estimarse usando los valores de P ingresados por año a través del material senescente y de las excretas animales (Cuadro 12). Mediante esta metodología la aludida relación es de 91, 66 y 53 para T1, T2 y T3, respectivamente. Estos valores superan un poco a los obtenidos por CIAT (1995) de entre 30 y 80. La relación C/N de la BIOM es de 19.7, 14.0 y 11.5 para T1, T2 y T3, respectivamente.

La relación C/P total fue de 232, 164 y 150 para los tres suelos en el mismo orden. Esto concuerda con los valores oscilantes entre 137 y 358 obtenidos por CIAT (1995) a través del modelo CENTURY, estimando por fraccionamiento secuencial del P. Los promedios de la relación C/N totales fueron 26, 20 y 17 para T1, T2, y T3, mientras en análisis hechos a los suelos Pista (20% arena) y Alegría (70% arena), CIAT (1991) se encontraron valores concordantes de 19.8 y 15.0, respectivamente.

La resistencia a la penetración es de 17.7, 16.9 y 15.2 kg/cm<sup>2</sup> entre 5 y 20 cm de profundidad en T1, T2 y T3 (Cuadro 13 y Gráfico 5). Estos valores son más altos que los informados en general por la literatura para profundidades mayores de 7.5 cm (de 9 a 15 kg/cm<sup>2</sup>), pero son similares a los encontrados por Amezcuita *et al.* (1995) de 18.7 kg/cm<sup>2</sup> entre 3.5 y 17.5 cm de profundidad, y 23.5 kg/cm<sup>2</sup> entre 17.5 y 35 cm de profundidad, en suelo franco arcilloso (28.5% de arena) con pastura no renovada de *B. dictyoneura*. En el estudio presente los valores obtenidos a profundidades entre 20 y 35 cm fueron de 22.3, 20.2 y 16.1 kg/cm<sup>2</sup> para T1, T2 y T3, respectivamente, (Cuadro 14).

La respuesta obtenida indica mayor compactación en suelo arcilloso, lo que explica en parte la disminución del crecimiento de la pastura a través del tiempo. Al contrario, el menor grado de compactación en suelo arenoso significa una posible mayor profundización de las raíces en busca de agua y nutrientes, permitiendo una mayor adaptación de la pastura al medio. Si se toma un valor de 16 kg/cm<sup>2</sup> como limitante para el crecimiento de las raíces de la pastura, se tendrá un efecto de compactación más rápido en T1 (a partir del segundo año), seguido de T2 (a partir del tercer año) y, finalmente, T3 (sólo a partir del sexto año).

Al calcular someramente el beneficio neto, teniendo en cuenta como beneficio bruto la ganancia de peso de los animales y como costos los fertilizantes y la sal mineralizada, se tienen mayores réditos al primer año de la experimentación en todos los suelos, siendo más altos en T1, seguido por T2 y por último T3 (Cuadro 15). En T1 desde el segundo

año los beneficios netos se estabilizan aún cuando presentan una tendencia irregular a bajar. Lo mismo sucede con T2, mientras que con T3 la disminución fue más marcada. Esto refleja lo ocurrido con la ganancia de peso e indica un menguante ingreso monetario, lo que hace menos sostenible la producción si se refiere a la parte económica.

### Conclusiones

Los suelos francos (caracterizados con 38% de arena) presentan una mayor sostenibilidad en relación a las pasturas, debido al mayor equilibrio existente entre N, P y K disponibles, y al valor intermedio de resistencia a la penetración encontrados.

Si se observa solamente la disponibilidad instantánea de forraje encontrada en los diferentes suelos, se puede presumir que la carga animal usada no está muy bien ajustada; en el suelo arcilloso y principalmente en el franco, es un poco baja, mientras que en el arenoso la carga probablemente fue alta.

Al haber mayores cantidades de N, P y K salientes del sistema suelo-planta-animal en comparación a las entrantes, las pasturas se degradan rápidamente, siendo el efecto mayor si las cargas no han sido ajustadas correctamente. Por lo tanto, un balance entre las entradas y salidas del sistema podría constituir un buen método para controlar la sostenibilidad de las praderas en el tiempo, de tener una metodología que permita cuantificar dicho balance.

En todas las variables concernientes a los nutrientes del suelo bajo estudio se observó un mayor valor en los años de fertilización de mantenimiento,

con una tendencia a bajar a través del tiempo. En el suelo franco hay mayor retorno anual de N, P y K.

La confrontación de las variables seleccionadas para el modelo permite caracterizar el sistema de producción de carne de la altillanura colombiana, dando una idea sobre su persistencia y sostenibilidad.

### Literatura Citada

- Amezquita, E., W. Bell, P. Jones, J. Sanz, J. Smith, R. Vera, P. Hoyos, and D. Molina. 1995. Projects TL-01 and TL-03: Prototype Sustainable Cropping Systems for the Llanos and Dynamics of Land Use. CIAT Annual report 1994. Cali. Tropical Lowlands Program. Working document #148. pp 49-63.
- Brito, E. 1996. Evaluación de la sostenibilidad de las pasturas a través del tiempo en la altillanura colombiana. Modelo de Simulación. Tesis Magister. Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago. 124 p.
- Brito, E., C. Aguilar, R. Cañas y R. Vera. 1998. Modelo de simulación para evaluar la sostenibilidad de las pasturas de la altillanura colombiana. I. Desarrollo y validación del modelo. Arch Latinoam. Prod. Anim. 6(1):1.
- CIAT. 1990. Informe Anual 1989. Programa de Pastos Tropicales; Relción Suelo-Planta y Reciclaje

- de Nutrimientos. Cali, Colombia. pp 11-1 a 11-13.
- CIAT. 1991. Informe Anual 1990. Programa de Pastos tropicales; Relción Suelo-Planta y Reciclaje de Nutrimientos. Cali, Colombia. pp 13-1 a 13-54.
- CIAT. 1995. Annual Report 1994. Tropical Lowlands Program. Working Document #148. Cali, Colombia. p. 258.
- Lascano, C. and J. Estrada. 1989. Long-term productivity of legume-based and pure grass pastures in the Eastern Plan of Colombia. XVI Int. Grass. Congr. Nice, France. pp. 1179-1190.
- Moya, M. C. 1991. Recuperación de una pradera de *Brachiaria decumbens* con diferentes prácticas culturales y fertilización con dos fuentes de fósforo y caracterización de los métodos de recuperación en la región. Tesis Zootecnista. Univ. Nacional de Colombia. 146 p.
- Spain, J. y R. Gualdron. 1991. Degradación y rehabilitación de pasturas. En C. Lascano y J. Spain (ed.) Establecimiento y renovación de pasturas. Conceptos, Experiencias y Enfoque de la Investigación. RIEPT 6<sup>ta</sup> Reunión Comité Asesor. CIAT. Cali, Colombia. pp 269-283.



Cuadro 1. Características de los tres suelos contrastantes de la altillanura colombiana

Característica	T1 (arcilloso)	T2 (franco)	T3 (arenoso)
Arena (%)	20	38	70
pH	4.3	4.09	4.34
MO (%)	3.56	2.04	1.25
N total (%)	0.14	0.11	0.08
K en solución (meq/100 g)	0.08	0.06	0.04
P disponible (ppm)	2	2.4	3.4
Densidad aparente (g/cm <sup>3</sup> )	1.15	1.2	1.24

Cuadro 2. Ganancia de peso anual por animal (kg) simulada en pasturas de *Brachiaria dictyoneura* en tres suelos contrastantes de la altillanura colombiana

Año	T1 (arcilloso)	T2 (franco)	T3 (arenoso)	Promedio
1	180 a	178 a	168 a	175
2	162 b	164 b	165 ab	164
3	143 d	140 d	152 c	145
4	156 bcd	161 b	152 c	156
5	150 bcd	143 cd	149 c	147
6	159 bc	166 ab	153 bc	159
7	143 d	144 cd	148 c	145
8	154 bcd	163 b	142 c	153
9	147 cd	142 d	150 c	146
10	157 bc	155 bc	146 c	153
Promedio	155	156	152	154

Las medias en una misma columna sin una letra común difieren ( $P < 0.05$ ). Prueba de Tukey.

Cuadro 3. Ganancia de peso anual por hectárea (kg) simulada en pasturas de *Brachiaria dictyoneura* en tres suelos contrastantes de la altillanura colombiana

Año	T1 (arcilloso)	T2 (franco)	T3 (arenoso)	Promedio
1	331 a	328 a	310 a	323
2	296 b	302 b	304 a	301
3	261 e	256 c	277 b	265
4	287 bcd	296 b	282 b	288
5	274 cde	263 c	273 b	270
6	292 bc	305 b	282 b	293
7	262 e	264 c	272 b	266
8	286 bcd	299 b	266 b	284
9	270 de	262 c	276 b	270
10	292 bc	287 b	272 b	284
Promedio	285	286	281	284

Las medias en una misma columna sin una letra común difieren ( $P < 0.05$ ). Prueba de Tukey.

Cuadro 4. Consumo voluntario diario por animal (kg MS) simulada en pasturas de *Brachiaria dictyoneura* en tres suelos contrastantes de la altillanura colombiana

Año	T1 (arcilloso)	T2 (franco)	T3 (arenoso)	Promedio
1	7.9 a	7.8 ab	7.7 ab	7.8
2	7.9 b	7.9 a	7.9 a	7.9
3	7.6 bc	7.5 c	7.7 ab	7.6
4	7.7 abc	7.9 a	7.7 ab	7.9
5	7.6 bc	7.6 bc	7.6 b	7.6
6	7.8 ab	7.9 a	7.7 ab	7.8
7	7.5 c	7.6 bc	7.6 b	7.6
8	7.7 abc	7.9 a	7.5 b	7.7
9	7.5 c	7.6 bc	7.5 b	7.5
10	7.7 abc	7.7 abc	7.5 b	7.6
Promedio	7.7	7.8	7.6	7.7

Las medias en una misma columna sin una letra común difieren ( $P < 0.05$ ). Prueba de Tukey.

Cuadro 5. Disponibilidad instantánea por hectárea (kg MS) de forraje simulada en pasturas de *Brachiaria dictyoneura* en tres suelos contrastantes de la altillanura colombiana

Año	T1 (arcilloso)	T2 (franco)	T3 (arenoso)	Promedio
1	2 188 a	2 213 a	1 850 abc	2 084
2	2 030 abc	2 159 ab	1 760 bc	1 983
3	2 097 ab	2 349 a	2 129 a	2 191
4	1 739 cde	2 124 ab	1 724 bcd	1 862
5	1 887 cde	2 188 ab	1 986 ab	2 020
6	1 699 de	2 085 ab	1 675 cde	1 820
7	1 843 bcde	2 222 c	1 900 abc	1 988
8	1 558 e	2 100 ab	1 434 de	1 698
9	1 761 cde	2 224 a	1 718 bcd	1 901
10	1 584 e	1 913 b	1 416 e	1 638
Promedio	1 838	2 158	1 759	1 918

Las medias en una misma columna sin una letra común difieren ( $P < 0.05$ ). Prueba de Tukey.

Cuadro 6. Crecimiento diario por hectárea (kg MS) simulado en pasturas de *Brachiaria dictyoneura* en tres suelos contrastantes de la altillanura colombiana

Año	T1 (arcilloso)	T2 (franco)	T3 (arenoso)	Promedio
1	26.8 a	26.8 a	23.4 ab	25.7
2	25.6 ab	26.7 ab	24.3 ab	25.5
3	24.2 bc	26.0 ab	25.2 a	25.1
4	23.5 bc	26.1 ab	23.1 abc	24.2
5	23.3 c	25.0 ab	24.4 ab	24.2
6	23.5 bc	26.3 ab	22.8 bc	24.2
7	22.7 c	25.3 ab	23.4 ab	23.8
8	22.5 c	26.2 ab	21.0 c	23.2
9	22.5 c	25.1 ab	22.5 bc	23.2
10	22.7 c	24.7 b	21.0 c	22.8
Promedio	23.7	25.8	23.1	24.2

Las medias en una misma columna sin una letra común difieren ( $P < 0.05$ ). Prueba de Tukey.

Cuadro 7. Contenido de nitrógeno (%) simulado total en tres suelos contrastantes de la altillanura colombiana

Año	T1 (arcilloso)	T2 (franco)	T3 (arenoso)	Promedio
1	0.138 a	0.109 a	0.079 a	0.109
2	0.137 b	0.107 b	0.078 b	0.107
3	0.135 c	0.106 c	0.076 c	0.106
4	0.134 d	0.105 d	0.076 d	0.105
5	0.132 e	0.103 e	0.074 3	0.103
6	0.131 f	0.102 f	0.073 f	0.102
7	0.129 g	0.100 g	0.072 g	0.100
8	0.128 h	0.099 h	0.071 h	0.099
9	0.126 j	0.098 i	0.070 i	0.098
10	0.124 j	0.097 j	0.069 j	0.099
Promedio	0.121	0.103	0.074	0.103

Las medias en una misma columna sin una letra común difieren ( $P < 0.05$ ). Prueba de Tukey.

Cuadro 8. Contenido de fósforo disponible (ppm) simulado en tres suelos contrastantes de la altillanura colombiana

Año	T1 (arcilloso)	T2 (franco)	T3 (arenoso)	Promedio
1	1.90 a	2.40 a	3.40 a	2.56
2	1.80 ab	2.00 b	3.40 a	2.40
3	1.80 ab	2.40 a	3.40 a	2.53
4	1.80 ab	2.40 a	3.40 a	2.53
5	1.48 b	2.40 a	3.50 a	2.46
6	1.70 ab	2.40 a	3.50 a	2.53
7	1.70 ab	2.40 a	3.50 a	2.53
8	1.70 ab	2.40 a	3.50 a	2.53
9	1.70 ab	2.28 ab	3.40 a	2.46
10	1.70 ab	2.13 ab	3.60 a	2.48
Promedio	1.73	2.32	3.46	2.50

Las medias en una misma columna sin una letra común difieren ( $P < 0.05$ ). Prueba de Tukey.

Cuadro 9. Contenido de potasio en solución (meg/100g) simulado en tres suelos contrastantes de la altillanura colombiana

Año	T1 (arcilloso)	T2 (franco)	T3 (arenoso)	Promedio
1	0.070 ab	0.078 bcd	0.086 bc	0.078
2	0.074 a	0.085 a	0.092 a	0.084
3	0.064 bcde	0.075 cde	0.086 bc	0.075
4	0.069 ab	0.083 ab	0.091 ab	0.081
5	0.061 cde	0.072 e	0.083 c	0.072
6	0.069 ab	0.093 ab	0.090 ab	0.081
7	0.061 de	0.073 de	0.081 cd	0.071
8	0.066 bcd	0.083 ab	0.083 c	0.078
9	0.059 e	0.073 de	0.077 d	0.070
10	0.067 bc	0.079 abc	0.084 c	0.077
Promedio	0.066	0.078	0.085	0.077

Las medias en una misma columna sin una letra común difieren ( $P < 0.05$ ). Prueba de Tukey.

Cuadro 10. Contenido de carbono total (ton/ha) simulado en tres suelos contrastantes de la altillanura colombiana

Año	T1 (arcilloso)	T2 (franco)	T3 (arenoso)	Promedio
1	79.94 j	47.08 j	29.67 j	52.23
2	80.67 i	47.80 i	30.26 i	52.91
3	81.30 h	48.42h	30.91 h	53.54
4	81.78 g	49.03 g	31.48 g	54.10
5	82.36 f	49.60 f	32.13 f	54.70
6	82.88 e	50.25 3	32.70 e	55.28
7	83.48 d	50.83 d	33.34 d	55.88
8	83.99 c	51.48 c	33.79 c	56.42
9	84.53 b	52.06 b	34.31 b	57.00
10	85.10 a	52.60 a	34.85 a	57.51
Promedio	82.60	49.91	32.34	55.00

Las medias en una misma columna sin una letra común difieren ( $P < 0.05$ ). Prueba de Tukey.

Cuadro 11. Contenido de materia orgánica (%) simulado en tres suelos contrastantes de la altillanura colombiana

Año	T1 (arcilloso)	T2 (franco)	T3 (arenoso)	Promedio
1	3.62	2.07	1.28	2.32 j
2	3.65	2.10	1.30	2.34 i
3	3.67	2.12	1.32	2.37 h
4	3.69	2.15	1.34	2.39 g
5	3.72	2.17	1.37	2.42 g
6	3.74	2.20	1.39	2.44 e
7	3.76	2.22	1.42	2.47 d
8	3.78	2.24	1.43	2.49 c
9	3.80	2.27	1.45	2.51 b
10	3.83	2.29	1.47	2.53 a
Promedio	3.73 a	2.18 b	1.38 c	2.43

Las medias en una misma columna o en la misma fila sin una letra común difieren ( $P < 0.05$ ). Prueba de Tukey.

Cuadro 12. Promedio de retorno anual de N, P y K al suelo (kg/ha) durante 10 años en las excretas animales y material senescente de *B. dictyoneura* simulado en tres suelos contrastantes de la altillanura colombiana

Nutriente	Suelo	Senescente	Excretas	Total
Nitrógeno	T1	21.04	47.69	68.73
	T2	26.43	48.13	74.56
	T3	19.75	47.38	67.13
Fósforo	T1	6.72	7.90	14.62
	T2	7.89	7.97	15.86
	T3	6.43	7.89	14.32
Potasio	T1	50.40	69.39	119.79
	T2	59.18	69.97	129.15
	T3	48.24	68.88	117.12

Cuadro 13. Resistencia ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ) a la penetración entre 5 a 20 cm de profundidad simulada en tres suelos contrastantes de la altillanura colombiana

Año	T1 (arcilloso)	T2 (franco)	T3 (arenoso)	Promedio
1	15.02 g	13.62 h	11.09 g	13.25
2	16.46 f	15.04 g	12.38 f	14.63
3	17.71 e	16.25 f	13.53 e	15.83
4	18.11 d	16.63 e	14.79 d	16.84
5	18.14 cd	17.71 d	15.91 c	17.25
6	18.18 bcd	17.76 cd	16.86 b	17.60
7	18.23 abcd	17.80 bcd	16.96 ab	17.66
8	18.26 abc	17.85 abc	16.99 a	17.70
9	18.30 ab	17.90 ab	17.03 a	17.74
10	18.35 a	17.94 a	17.08 a	17.79
Promedio	17.68	16.95	15.26	16.63

Las medias en una misma columna sin una letra común difieren ( $P < 0.05$ ). Prueba de Tukey.

Cuadro 14 Resistencia ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ) a la penetración de 20 a 35 cm de profundidad simulada en tres suelos contrastantes de la altillanura colombiana

Año	T1 (arcilloso)	T2 (franco)	T3 (arenoso)	Promedio
1	21.58 g	19.37 i	15.41 g	18.79
2	21.73 fg	19.54 hi	15.56 fg	18.94
3	21.87 efg	19.70 gh	15.73 ef	19.10
4	22.01 def	19.90 fg	15.89 de	19.27
5	22.14 de	20.04 ef	16.03 de	19.41
6	22.30 cd	20.25 de	16.18 cd	19.58
7	22.48 bc	20.39 cd	16.38 bc	19.75
8	22.62 b	20.59 bc	16.51 b	19.90
9	22.77 ab	20.79 ab	16.66 ab	20.07
10	22.96 a	21.00 a	16.84 a	20.25
Promedio	22.25	20.15	16.12	19.51

Las medias en una misma columna sin una letra común difieren ( $P < 0.05$ ). Prueba de Tukey.

Cuadro 15 Beneficio neto por hectárea (US\$) simulado en tres suelos contrastantes de la altillanura colombiana

Año	T1 (arcilloso)	T2 (franco)	T3 (arenoso)	Promedio
1	319.4 a	316.6 a	298.9 a	311.6
2	265.5 b	271.6 bc	273.0 b	270.0
3	250.7 b	245.9 d	266.9 bc	254.4
4	255.9 b	265.6 bcd	250.8 cde	257.4
5	263.9 b	252.0 cd	262.3 bcd	259.4
6	261.6 b	274.2 b	251.6 bcde	262.5
7	251.2 b	253.9 bcd	261.4 bcd	255.5
8	255.0 b	268.6 bc	235.0 e	252.8
9	259.5 b	251.9 cd	265.8 bc	259.0
10	261.2 b	256.4 bcd	241.5 de	253.0
Promedio	264.4	265.6	260.7	263.6

Las medias en una misma columna sin una letra común difieren ( $P < 0.05$ ). Prueba de Tukey.



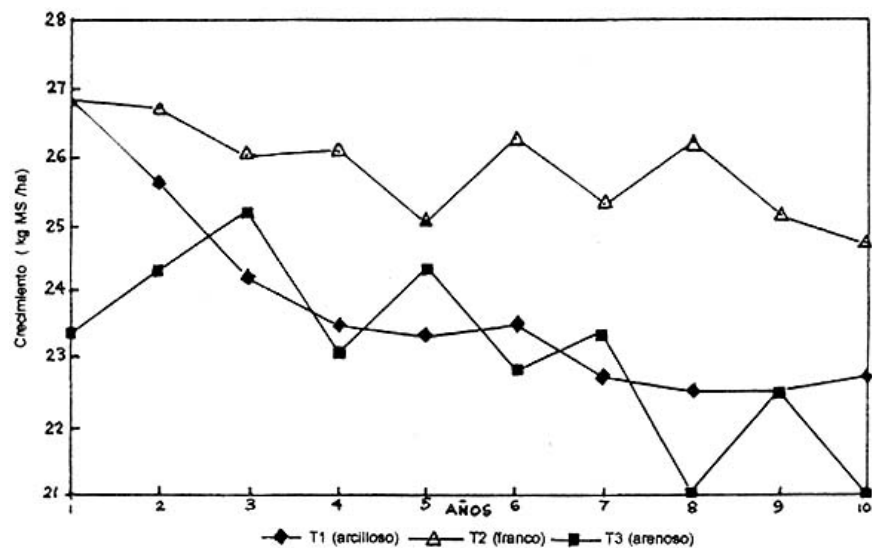


Gráfico 1. Ganancia de peso de los animales

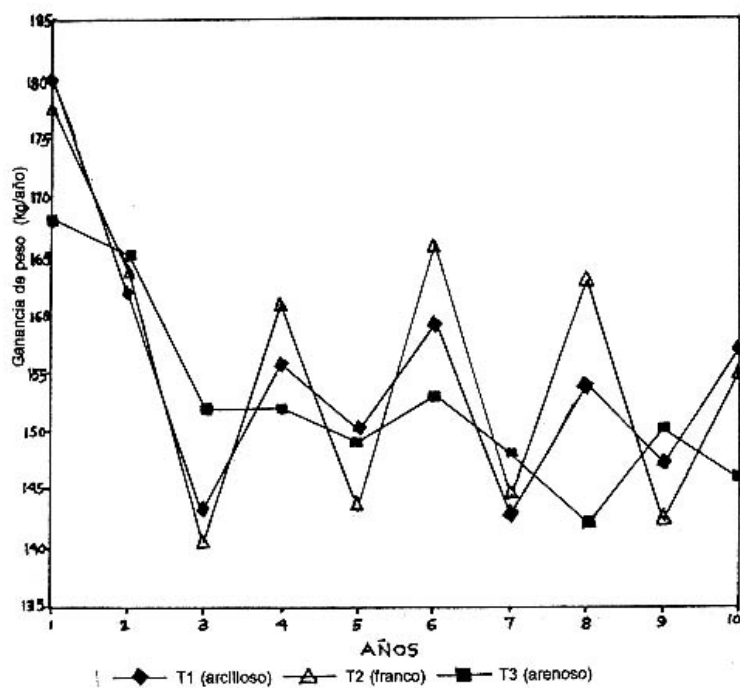


Gráfico 2. Crecimiento del *B. dictyoneura* por día en tres suelos contrastantes

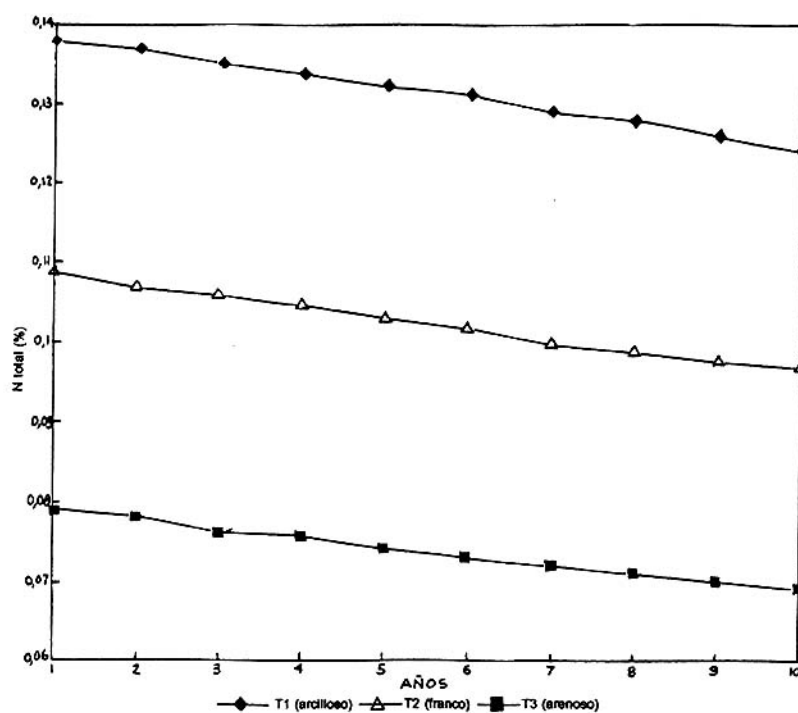


Gráfico 3. Contenido de nitrógeno total en tres suelos contrastantes

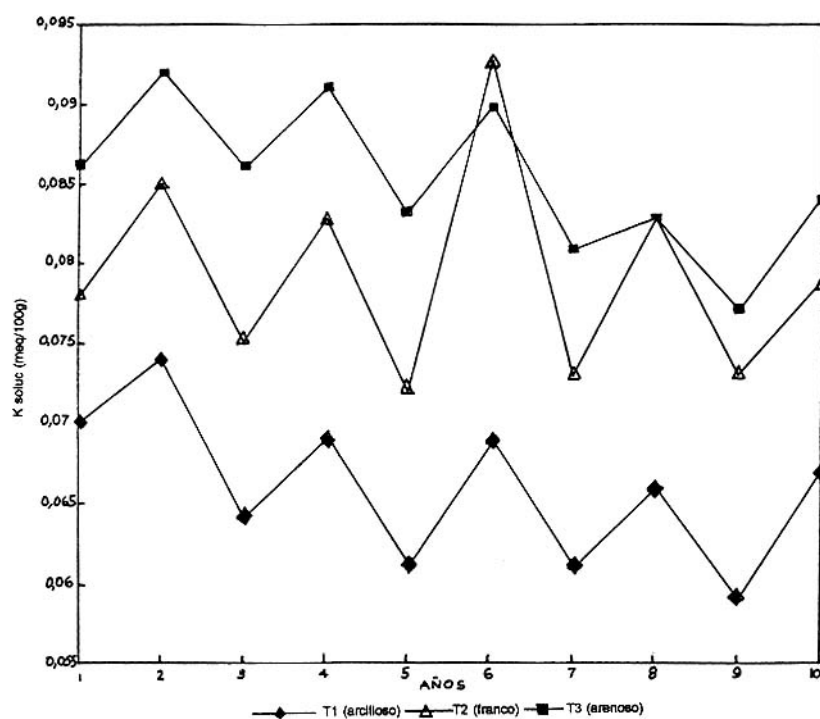


Gráfico 4. Contenido de potasio en solución en tres suelos contrastantes

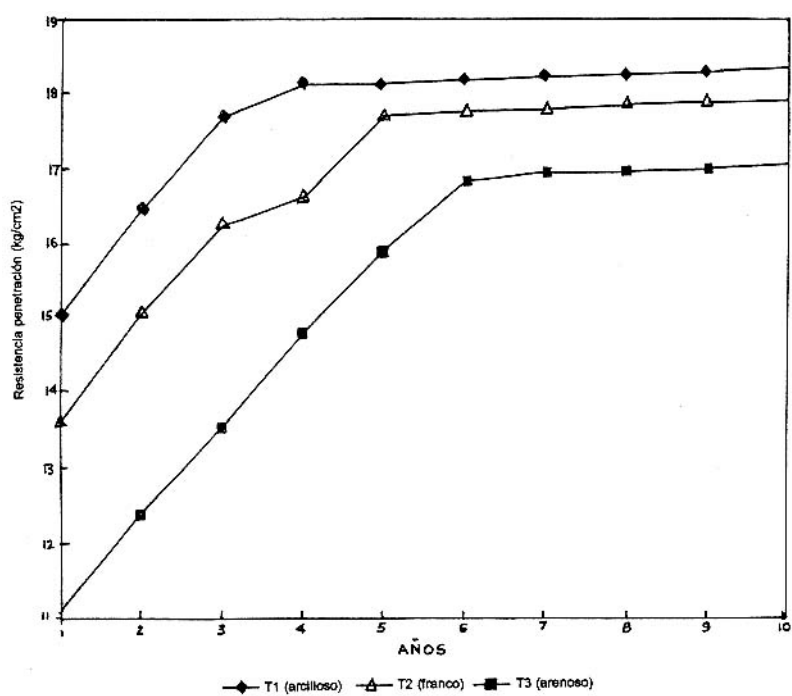


Gráfico 5. Resistencia a la penetración entre 5 – 20 cm de profundidad en tres suelos contrastantes